



PTO/SB/21 (03-03)
Approved for use through 04/30/2003. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

TRANSMITTAL FORM (to be used for all correspondence after initial filing)	Application Number	10/604,302	
	Filing Date	July 9, 2003	
	First Named Inventor	Hans-Artur Bosser	
	Art Unit	2877	
	Examiner Name	Unknown	
Total Number of Pages in This Submission	25	Attorney Docket Number	21295.55

ENCLOSURES (Check all that apply)		
<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form	<input type="checkbox"/> Drawing(s)	<input type="checkbox"/> After Allowance Communication to a Technology Center (TC)
<input type="checkbox"/> Fee Attached	<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
<input type="checkbox"/> Amendment/Reply	<input type="checkbox"/> Petition	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
<input type="checkbox"/> After Final	<input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application	<input type="checkbox"/> Proprietary Information
<input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)	<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation	<input type="checkbox"/> Status Letter
<input type="checkbox"/> Extension of Time Request	<input type="checkbox"/> Change of Correspondence Address	<input type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below):
<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request	<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer	
<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement	<input type="checkbox"/> Request for Refund	
<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s)	<input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____	
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts/Incomplete Application	Remarks	
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53		

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT	
Firm or Individual	Maria M. Eliseeva
Signature	<i>Maria Eliseeva</i>
Date	November 24, 2003

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING	
I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, DC 20231 on this date: November 24, 2003	
Typed or printed	Deborah Celeste
Signature	<i>Deborah Celeste</i>
Date	November 24, 2003

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, Washington, DC 20231. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, Washington, DC 20231.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 33 175.8

Anmeldetag: 22. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: Leica Microsystems Semiconductor GmbH,
Wetzlar/DE

Bezeichnung: Vorrichtung und Verfahren zum Kalibrieren eines
opto-elektronischen Sensors und zur Vermessung
von Strukturen auf einem Substrat

IPC: G 01 J, G 01 B, H 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hiebinger

**Vorrichtung und Verfahren zum Kalibrieren eines opto-elektronischen
Sensors und zur Vermessung von Strukturen auf einem Substrat**

5 Der Erfindung liegt eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Kalibrieren eines opto-elektronischen Sensors zugrunde, wobei der Sensor zumindest zeitweise auch UV-Licht empfängt.

Zudem liegt der Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Vermessung von Strukturen auf einem Substrat mit einem UV-Mikroskop und einem ortsauflösenden opto-elektronischen Sensor zugrunde.

10 Opto-elektronische Sensoren wandeln Licht in elektrische Signale und werden deshalb in Wissenschaft und Technik zum Detektieren und Messen von Licht eingesetzt. In Kameras finden ortsauflösende opto-elektronische Sensoren für Bildaufnahmen Verwendung.

15 Die Sensoren weisen einerseits einen Dunkelstrom auf, d.h. sie setzen auch ohne Lichteinfall Elektronen frei und geben ein elektrisches Signal ab. Andererseits zeigen sie ein Sättigungsverhalten, wenn sie mit einer ausreichend großen Lichtmenge belichtet werden. Innerhalb dieser Grenzen verläuft die Antwort-Charakteristik des Sensors. In einem gewissen Bereich ist die Antwort-Charakteristik im wesentlichen linear, so dass die elektrischen Signale des Sensors proportional zu der vom Sensor empfangenen Lichtmenge sind.

20 Die meisten dieser Sensoren sind im sichtbaren und infraroten Lichtwellenlängenbereich empfindlich. Sie verändern ihre Empfindlichkeit und ihre Antwort-Charakteristik bei aufgenommenem Licht in diesen Wellenlängenbereichen nicht.

25 Es ist jedoch bekannt, dass UV-Licht die Empfindlichkeit der Sensoren beeinflussen und reduzieren kann. Durch UV-Licht können Elektronen-Loch-

Paare erzeugt werden, die die Gitterstruktur des Sensors verändern. Quantitative Aussagen darüber sind aber in den Datenblättern der Sensor-Hersteller nicht zu finden, weder in allgemeiner Art noch insbesondere für den jeweiligen einzelnen Sensor. Offensichtlich spielen Änderungen in der Empfindlichkeit der Sensoren durch eine UV-Bestrahlung für die meisten Anwendungen keine Rolle. Für den privaten Nutzer von Kameras für Aufnahmen im natürlichen Umgebungslicht ist die Optik der Kameras auch nicht für UV-Licht ausgelegt, so dass der Sensor den UV-Anteil im natürlichen Umgebungslicht auch nicht empfängt.

Im Handel sind spezielle Sensoren erhältlich, die auch UV-Licht detektieren können. Ihre spektrale Spezifikation liegt in der Regel im Wellenlängenbereich zwischen 200 nm und 800 nm. Allerdings ist die Response eines solchen Sensors, also das elektrische Ausgangssignal des Sensors im Vergleich zur einfallenden Lichtmenge, im UV-Bereich wesentlich geringer als im sichtbaren Wellenlängenbereich und beträgt nur wenige Prozent.

Derartige UV-gängige Sensoren finden für Messungen im UV-Bereich verschiedene technische Anwendungen. Einerseits können Materialanalysen mit Hilfe von UV-Licht vorgenommen werden. Beispielsweise werden bei Halbleitern Informationen über die Materialzusammensetzung und über optische Eigenschaften benötigt. Dabei sind Brechungsindices, Absorptionskoeffizienten und Dicken von Schichten zu bestimmen, die auf Halbleiter-Wafern aufgebracht sind. Insbesondere können sehr dünne Schichten durch Messungen mit UV-Licht genauer vermessen werden als mit sichtbarem Licht. Dabei ist es notwendig, dass die Signale stabil sind und auch zu einem späteren Zeitpunkt reproduzierbar sind. Durch die Reproduzierbarkeit der Messungen wird die Materialanalyse verbessert und die Ergebnisse sind mit früheren Ergebnissen besser vergleichbar. Derartige Messungen erfolgen durch Reflexion an der Probe und werden über einen Wellenlängenbereich ausgeführt. Hierzu werden insbesondere Spektral-Photometer oder / und Spektral-Ellipsometer verwendet.

Andererseits werden die UV-Sensoren auch für UV-Bildaufnahmen eingesetzt. Durch die Verwendung von UV-Licht wird die Auflösung der Bilder verbessert. Zudem stellen sich Objektstrukturen im UV-Licht in anderer Art und Weise dar und ergeben zusätzliche Informationen im Vergleich zu den sichtbaren

Aufnahmen. Dadurch können Defekte und kleinste Partikel auf Probenoberflächen z.B. von Halbleitersubstraten besser detektiert und klassifiziert werden. Es können zudem Abstände von Strukturen und die Breiten der Strukturen durch Bildverarbeitung von solchen UV-Bildern ermittelt werden.

- 5 Die Genauigkeit der gemessenen Abstände und Breiten („CD“-Messung = critical dimension) kann durch die Aufnahmen im UV-Bereich verbessert werden.

Es hat sich herausgestellt, dass insbesondere bei hohen Anforderungen an die Genauigkeit der CD-Messungen die Stabilität der Messungen nicht ausreichend ist. Es ist eine Drift der Messergebnisse in eine Richtung festzustellen, wenn

- 10 gegebene Strukturen auf einem Substrat mehrfach über einen Zeitraum gemessen werden. Dieser Zeitraum kann oft nur wenige Stunden betragen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Ursache dieser Drift in den Messergebnissen durch die Belichtung des Sensors mit UV-Licht hervorgerufen wird. Offensichtlich führt die Belichtung mit UV-Licht zu bleibenden Veränderungen des Sensors in
15 seinen opto-elektronischen Eigenschaften.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, mit denen Veränderungen der Eigenschaften eines opto-elektronischen Sensors festgestellt werden können.

- 20 Die Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art gelöst durch die folgenden Schritte:

- Ermitteln einer ersten Antwort-Charakteristik des Sensors durch
-- Beleuchten des Sensors mit dem Licht einer Lichtquelle,
-- Variieren der Lichtmenge des auf den Sensor einfallenden Lichtes,
-- Bestimmen der Größe des elektrischen Ausgangssignals des Sensors in
25 Abhängigkeit der vom Sensor aufgenommenen Lichtmenge,
- Speichern der ersten Antwort-Charakteristik und
- Aufnehmen von Antwort-Charakteristiken zu späteren Zeitpunkten nach Einträgen von UV-Licht auf den Sensor
- Vergleichen der Antwort-Charakteristiken mit der ersten Antwort-Charakteristik
30 zum Feststellen von Änderungen und zum Korrigieren der Antwort-Charakteristiken.

Die Aufgabe wird zudem durch den Vorrichtungsanspruch 12 gelöst.

Es ist weiterhin die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, mit denen optische Messungen und Bildaufnahmen von Substraten im UV-Bereich vorgenommen und insbesondere mikroskopische Strukturen auf Substraten sicher und hochgenau vermessen werden können.

- 5 Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Vermessung von Strukturen auf einem Substrat mit einem UV-Mikroskop und einem ortsauflösenden opto-elektronischen Sensor durch folgende Schritte gelöst:

- Aufnehmen von UV-Bildern der Strukturen auf dem Substrat,
- Kalibrieren des Sensors von Zeit zu Zeit durch

- 10 -- Ermitteln einer aktuellen Antwort-Charakteristik des Sensors durch Variation einer vom Sensor aufgenommenen Lichtmenge,
-- Vergleichen und Korrigieren der aktuellen Antwort-Charakteristik mit einer ersten Antwort-Charakteristik und

- Vermessen der Strukturen durch Bildverarbeitung mit der korrigierten Antwort-

- 15 Charakteristik des Sensors.

Die Aufgabe wird zudem durch den Vorrichtungsanspruch 17 gelöst.

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass veränderliche Messergebnisse bei hochgenauen Messungen mit UV-Licht durch den Sensor verursacht werden. Die Antwort-Charakteristik des Sensors verändert sich durch die Bestrahlung mit UV-
20 Licht. Durch Ermitteln und Korrigieren der Antwort-Charakteristik des Sensors kann die tatsächlich empfangene Lichtmenge festgestellt werden. Dadurch können die aus den Sensorsignalen abgeleiteten Messergebnisse korrigiert werden.

- Mit den erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Verfahren ist es also möglich, die
25 Eigenschaften des Sensors bei UV-Belichtungen quantitativ zu bestimmen. Die Veränderungen des Sensors werden durch Strahlenschäden des UV-Lichtes hervorgerufen. Diese sind von der Dosis des UV-Lichtes abhängig, die der Sensor insgesamt empfangen hat. Da die Strahlenschäden bleibend sind, verändern sich die Eigenschaften des Sensors stetig mit der empfangenen
30 Dosis. Eine Kalibrierung des Sensors nach gewissen Dosismengen oder nach bestimmten UV-Belichtungszeiten gemäß den erfindungsgemäßen Verfahren

und Vorrichtungen führt zu einer genauen Bestimmung der empfangenen Lichtmengen und damit zu genauen quantitativen Auswertungen.

Die Strahlenschädigung des Sensors hängt nicht nur von der UV-Intensität sondern in gewissem Umfang auch von der UV-Wellenlänge ab. Bestimmte UV-Wellenlängen-Bereiche können eine stärkere Strahleschädigung des Sensors hervorrufen.

Die Auswirkung der Strahlenschädigung auf die Empfindlichkeit des Sensors andererseits ist ebenfalls wellenlängenabhängig. Deswegen wird vorzugsweise die Antwort-Charakteristik des Sensors bei derjenigen Wellenlänge aufgenommen, bei der Messungen oder Bildaufnahmen mit dem Sensor durchgeführt werden sollen. Wird der Sensor bei mehreren Wellenlängen eingesetzt, wird die Kalibrierung des Sensors bei diesen verschiedenen Wellenlängen durchgeführt.

Falls andererseits ein Wellenlängenbereich des Lichtes für die Messungen oder die Beleuchtung und Bildaufnahme verwendet wird, kann die erfindungsgemäße Kalibrierung des Sensors mit Licht dieses kontinuierlichen Wellenlängenbereichs mit der entsprechenden spektralen Verteilung durchgeführt werden. Hierbei wird entweder der genutzte Wellenlängenbereich kontinuierlich als gesamtes Licht aufgenommen oder die Kalibrierung wird bei einzelnen Wellenlängen aus diesem Bereich durchgeführt und anschließend für den Bereich gewichtet oder gemittelt.

Viele UV-Lichtquellen emittieren nicht nur ein kontinuierliches Spektrum sondern weisen auch bei bestimmten Wellenlängen eine besonders hohe Intensität auf. In vielen Anwendungen wird deshalb das UV-Licht speziell an diesen Wellenlängen genutzt. Solche besonderen Wellenlängen sind z.B. 266 nm, 248 nm, 193 nm oder 157 nm (Deep UV), die von Entladungslampen wie Quecksilber / Xenon- oder Deuteriumlampen oder auch von Argon- oder Excimer-Lasern emittiert werden. Licht dieser Wellenlängen dient in Steppern zur Belichtung von Wafern, wobei die Strukturen von Masken auf die Wafer abgebildet werden. Ebenso wird UV-Licht von diesen Wellenlängen zu Bildaufnahme in UV-Mikroskopen verwendet. Dabei werden die Proben, z.B. die Strukturen auf den Masken oder Wafern mit UV-Licht beleuchtet und durch einen ortsauflösenden

opto-elektronischen Sensor in einer Kamera aufgenommen und durch Bildverarbeitung sichtbar gemacht.

Natürlich können auf diese Art und Weise auch andere Strukturen auf anderen Materialien wie z.B. biologische Strukturen sichtbar gemacht und vermessen werden.

Die Strahlenschädigung des Sensors kommt zwar nur durch die Beleuchtung des Sensors mit UV-Licht zustande, sie wirkt sich aber im gesamten sensitiven Wellenlängenbereich des Sensors auf die Antwort-Charakteristik des Sensors aus. Deshalb ist auch die Empfindlichkeit des Sensors im sichtbaren und infraroten Licht beeinträchtigt, wenn er eine gewisse Dosis an UV-Licht erhalten hat. Unter diesen Umständen ist eine erfindungsgemäße Kalibrierung des Sensors auch bei den Wellenlängen des sichtbaren oder infraroten Lichtes notwendig, wenn genaue Messungen oder Bildaufnahmen auch in diesem Wellenlängenbereich durchgeführt werden sollen.

Oftmals werden Bildaufnahmen sowohl im sichtbaren Bereich als auch mit UV-Licht vorgenommen, um zusätzliche Informationen zu erhalten. Deshalb sind Kalibrierungen des Sensors in den entsprechenden VIS- und UV-Bereichen vorteilhaft, insbesondere wenn durch Bildverarbeitung die aufgenommenen Objekte vermessen werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Zeichnung zeigt schematisch in:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Kalibrierung eines opto-elektronischen Sensors,

Fig. 2 eine Antwort-Charakteristik des Sensors bei verschiedenen UV-Dosen,

Fig. 3 ein Anwendungsbeispiel in einem Mikroskop und

Fig. 4 ein Beispiel zur Messung der Breite einer Struktur auf einem Substrat.

Die Fig.1 zeigt in schematischer Weise eine Anordnung zur Kalibrierung eines opto-elektronischen Sensors 3, bei der die Änderung der Antwort-Charakteristik des Sensors 3 festgestellt wird. Die Anordnung besteht aus einer Lichtquelle 1,

dem opto-elektronischen Sensor 3 und einer Auswerteeinheit 4. Das von der Lichtquelle 1 emittierte Licht wird von dem Sensor 3 detektiert. Dieser wandelt das Licht in elektrische Signale um, die der Auswerteeinheit 4 zugeführt und dort erfindungsgemäß ausgewertet werden. In einem Speicher 5 wird zumindest eine erste Antwort-Charakteristik des Sensors 3 gespeichert.

Zur Ermittlung der Antwort-Charakteristik des Sensors 3 wird eine auf ihn einfallende Lichtmenge variiert. Dies geschieht durch optische oder elektronische Kalibriermittel 2. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 werden optische Kalibriermittel 2 in den Strahlengang zwischen der Lichtquelle 1 und dem Sensor 3 eingebracht. Für diese Kalibriermittel 2 können verschiedene Ausführungen eingesetzt werden, wie z.B. Absorptionsfilter, Streufilter, Graukeile oder Blenden. Bei den Absorptions- und Streufiltern wird entweder Ihre in den Strahlengang eingebrachte Anzahl erhöht, wobei Filter gleicher oder unterschiedlicher Absorptions- oder Streustärke verwendet werden. Oder es wird jeweils nur ein Filter verwendet und dieses durch Filter unterschiedlicher Absorptions- oder Streustärke ausgetauscht, um die Lichtmenge gezielt zu variieren. Alternativ kann diese Variation auch mit einem Graukeil bewirkt werden, der schrittweise oder quasi kontinuierlich in den Strahlengang eingefahren werden kann. Absorptionsfilter, Streufilter und Graukeil werden dabei entweder manuell bedient oder werden mit entsprechenden Vorrichtungen fernbedient oder sie werden mit Hilfe einer Steuereinrichtung 6 automatisiert in den Strahlengang eingebracht. Dabei sind die Absorptions- oder Streuwerte der Filter beziehungsweise des Graukeils bei bestimmten Stellungen im Strahlengang bekannt.

Entsprechendes gilt auch für Blenden mit unterschiedlich großen, bekannten Öffnungen, die als Kalibriermittel 2 der Lichtmenge ebenfalls manuell oder automatisch in den Strahlengang eingeführt werden. Selbstverständlich sind auch Blenden mit variabler Öffnung einsetzbar, die manuell oder automatisch bedient werden. Durch unterschiedlich eingestellte Öffnungen wird die auf den Sensor 3 einfallende Lichtmenge gezielt variiert. Blenden mit derartig variabler Apertur sind aus der Kamera- oder Mikroskopoptik hinlänglich bekannt.

Eine weitere, in den Figuren nicht explizit dargestellte Ausführungsmöglichkeit der Kalibriermittel 2 ist die auf den Sensor einfallende Lichtmenge durch eine elektronische Belichtungszeit zu variieren. Bei einer zeitlich konstanten Beleuchtungsintensität gelangen durch unterschiedliche Belichtungszeiten
5 entsprechend unterschiedliche Lichtmengen auf den Sensor 3. Durch eine Belichtungssteuerung können die Belichtungszeiten variiert werden. Die Belichtungssteuerung bedient beispielsweise einen mechanischen Shutter (mechanischer Verschluss), der entsprechend den Belichtungszeiten geöffnet ist, oder einen elektronischen Shutter. Ein elektronischer Shutter ist z.B. ein LCD-
10 Display, das durch elektrische Ansteuerung Licht durchlässt oder lichtundurchlässig wird. Alternativ kann als elektronischer Shutter bei entsprechender Ansteuerung auch das elektronische Auslesen des Sensors 3 dienen, wobei die Belichtungszeiten durch unterschiedlich lange Zeiten zwischen Start- und Stoppsignale am Sensor 3 eingestellt werden. Während des
15 Auslesens des Sensors 3 werden die elektrischen Ladungen, die das empfangene Licht im Sensor 3 erzeugt, nicht berücksichtigt.

Grundsätzlich kann auch direkt die Lichtemission der Lichtquelle 1 variiert werden, wobei die Kalibriermittel 2 in diesem Fall elektrische Größen wie Leistung, Spannung oder Strom zum Betrieb der Lichtquelle 1 variieren. Jedoch
20 ist die Zuordnung zwischen diesen elektrischen Größen und der emittierten Lichtmenge je nach Typ der Lichtquelle 1 nicht genau genug bekannt oder nicht befriedigend und bei einigen Lichtquellen-Typen ist die notwendige Genauigkeit nicht erreichbar, wie z.B. bei Dampfdrucklampen (Quecksilber / Xenon).

Mit Hilfe der beschriebenen Kalibriermittel 2 wird eine erste Antwort-
25 Charakteristik des Sensors 3 aufgenommen, bevor dieser für Bildaufnahme- oder Messzwecke mit ultraviolettem Licht eingesetzt wird. Es werden die elektrischen Signale des Sensors 3 in Abhängigkeit der einfallenden Lichtmenge aufgenommen und in einem Speicher 5 gespeichert. Als Speicher 5 ist jeder Speichertyp verwendbar. Es werden handelsübliche elektronische, magnetische
30 oder optische Speicher eingesetzt, wobei eine Ausführung als Look-up-table mit kurzen Auslesezeiten einfach und vorteilhaft ist.

Nachdem der Sensor 3 durch die Bildaufnahmen oder Messungen eine bestimmte Zeit dem UV-Licht ausgesetzt war oder er eine gewisse UV-Dosis erhalten hat, wird eine weitere Antwort-Charakteristik des Sensors 3 aufgenommen. Diese wird mit der ersten Antwort-Charakteristik verglichen, um
5 Änderungen festzustellen und diese Änderungen zu korrigieren. Dadurch werden die veränderten elektrischen Signale des Sensors 3 bei gleich einfallenden Lichtmengen korrigiert und somit die durch die UV-Strahlung veränderten Sensoreigenschaften ausgeglichen.

Nach weiteren UV-Messungen oder UV-Einsätzen mit dem Sensor 3 werden
10 weitere Antwort-Charakteristiken des Sensors 3 aufgenommen und wieder mit der ersten Antwort-Charakteristik verglichen und die Änderungen entsprechend korrigiert. Dadurch werden stabile, reproduzierbare Lichtmessungen erhalten, die den ersten Messungen mit dem Sensor 3 entsprechen. Nützliche Anwendungsbeispiele solcher stabiler Lichtmessungen für Bildaufnahmen,
15 Bildauswertungen und Messungen werden im Detail weiter unten dargestellt.

Die Antwort-Charakteristik des Sensors 3 wird natürlich insbesondere bei denjenigen Lichtwellenlängen oder in denjenigen Wellenlängenbereichen aufgenommen, die für die Bildaufnahmen oder Messungen benutzt werden. Diese Wellenlängen liegen je nach Anwendung im UV-Bereich, im sichtbaren
20 oder infraroten Bereich.

In Fig. 2 ist ein Beispiel für die Antwort-Charakteristik des Sensors 3 dargestellt. Es ist das elektrische Signal des Sensors 3 gegen die vom Sensor 3 empfangene Lichtmenge in willkürlichen Einheiten aufgetragen. Bei geringen, noch nicht detektierbaren Lichtmengen überwiegt der Dunkelstrom des Sensors
25 3, der bereits ein elektrisches Signal liefert. Ab einer bestimmten Lichtmenge liefert der Sensor 3 elektrische Signale, die der einfallenden Lichtmenge proportional sind. Bei sehr großen Lichtmengen befindet sich der Sensor 3 in der Sättigung und kann kein zusätzliches Licht mehr detektieren.

Die Kurve a ist die Antwort-Charakteristik eines noch nicht mit UV-Licht
30 beleuchteten Sensors 3. Die Kurven b und c geben die Antwort-Charakteristik des Sensors 3 nach 18 Stunden und nach 65 Stunden Beleuchtung mit UV-Licht wieder. Es ist erkennbar, dass mit zunehmender UV-Beleuchtung gemäß den

Mikroskops 7 natürlich auch möglich, verschiedene Filter oder Blenden auf den Mikroskoptisch 9 zu legen und diesen entsprechend zu verfahren, um die Filter oder Blenden sukzessive in den Strahlengang zu bringen.

Das Substrat 8 weist Strukturen auf, die mit dem Mikroskop 7 und dem Sensor 3
5 aufgenommen und vermessen werden. Der Sensor 3 ist in der Regel ein Teil einer käuflichen Kamera.

Das Substrat 8 ist beispielsweise eine Maske bestehend aus einem Glassubstrat mit aufgetragenen Strukturen aus Chrom. Derartige Masken werden bei der Photolithographie für die Halbleiterherstellung eingesetzt und ihre Strukturen
10 werden auf Wafer abgebildet. Die Strukturen auf der Maske oder auf dem Wafer stellen elektrische Schaltkreise für den herzustellenden Chip dar. Die Strukturen werden während des Herstellprozesses immer wieder auf Fehler inspiziert und ihre Abstände und Breiten vermessen.

Normalerweise werden die Bilder der Strukturen mit sichtbarem Licht
15 aufgenommen. Um zusätzliche Informationen zu erhalten oder wenn die Auflösung des Mikroskops 7 mit sichtbarem Licht für sehr kleine Strukturen nur unzureichend ist, wird UV-Licht eingesetzt. Durch das UV-Licht wird ein verbesserter Kontrast und eine höhere Auflösung erreicht.

Hierzu wird UV-Licht insbesondere im Wellenlängenbereich zwischen 150 nm
20 und 420 nm verwendet. Die Lichtquelle 1a, 1b und die Optik des Mikroskops 7 sind entsprechend ausgelegt. Als Sensoren 3 sind back-illuminated CCD-Kameras, Full Frame Transfer-Kameras oder Interline-Transfer-Kameras gebräuchlich, die neben sichtbarem Licht auch UV-Licht empfangen können. Die mit UV-Licht aufgenommenen Strukturen werden durch Bildverarbeitung
25 aufbereitet und können dadurch auf Fehler oder auf eventuell vorhandene unerwünschte Partikel untersucht werden. Mit Hilfe der Bildverarbeitung werden auch Strukturbreiten und Abstände zwischen den Strukturen vermessen.

Wenn neben sichtbarem Licht auch UV-Licht für die Untersuchungen verwendet wird, sind durch die Erfindung präzise und reproduzierbare Messungen möglich.
30 Hierzu werden – wie oben bereits beschrieben – für hin und wieder stattfindende Kalibrierungen die Kalibriermittel 2a, 2b verwendet, die in den Strahlengang des Mikroskops 7 gebracht oder / und dort bedient werden. Vorzugsweise erfolgt die

Betätigung und Steuerung der Kalibriermittel 2a, 2b vollautomatisiert mit Hilfe der Steuereinrichtung 6, so dass die entsprechenden Antwort-Charakteristiken des Sensors 3 automatisch aufgenommen und in der Auswerteeinheit 4 ausgewertet werden können (Fig. 3). Die Ergebnisse ermöglichen die Korrektur der mittels
5 Bildverarbeitung vermessenen Abstände und Breiten der Substratstrukturen.

Die Korrektur wird am Beispiel einer Strukturbreite in Fig. 4 demonstriert. Es wird zu einem Zeitpunkt eine Struktur mit dem Mikroskops 7 abgebildet. In Fig. 4 ist die relative Intensität gegen die Position der abgebildeten Struktur aufgetragen. Es wird die Breite der Struktur vermessen, sie beträgt 650 nm (Kurve 1). Zu
10 einem späteren Zeitpunkt, nachdem über mehrere Stunden Aufnahmen mit dem Sensor 3 mit UV-Licht erfolgt sind, wird dieselbe Struktur wiederum aufgenommen und vermessen. Es ergibt sich eine gemessene Strukturbreite von 630 nm (Kurve 2). Aufgrund der Veränderungen der Sensoreigenschaften durch das UV-Licht liefert der Sensor 3 veränderte Signale, die zu dem abweichenden
15 Messergebnis der Strukturbreite führen. Durch die erfindungsgemäße Korrektur der Antwort-Charakteristik des Sensors 3 werden die veränderten Signale entsprechend berücksichtigt und es ergibt sich die ursprünglich gemessenen Strukturbreite von 650 nm.

Im Fall des Beispiels gemäß Fig. 4 wurde die Strukturbreite mit UV-Licht bei
20 einer Wellenlänge von 248 nm aufgenommen und vermessen.

Die erfindungsgemäße Korrektur der Antwort-Charakteristik des Sensors 3 ist auch für andere Messaufgaben nützlich, bei denen es um genaue quantitative Auswertungen von aufgenommenen Licht geht. Mit einem Spektralphotometer als Messeinrichtung 10 am Mikroskop 7 können optische Parameter wie
25 Brechungsindex oder Schichtdicken von Schichten auf dem Substrat 8 bestimmt werden. Diese Parameter werden aus Spektren des von den Schichten reflektierten Lichtes ermittelt. Diese Spektren werden auf vorher einmal gemessene Spektren des blanken Substrats 8 bezogen. Da die Spektren vielfach auch im UV-Bereich aufgenommen werden, kann mit der
30 erfindungsgemäßen Berücksichtigung der Eigenschaften des Sensors der Messeinrichtung 10 die Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit der optischen Parameter verbessert werden.

- Anstelle des Spektralphotometers können auch andere optische Messanordnungen, wie beispielsweise ein Spektralellipsometer entweder als Messeinrichtung 10 am Mikroskop 7 oder auch als selbständiges, vom Mikroskop 7 unabhängiges Geräte mit den erfindungsgemäßen Verfahren und
- 5 Vorrichtungen ausgestattet werden. Die aufgezeigten Beispiele sind deshalb nicht abschließend.

Bezugszeichenliste

	1, 1a, 1b	Lichtquelle
	2, 2a, 2b	Kalibriermittel zum Variieren einer Lichtmenge
	3	Sensor
	4	Auswerteeinheit
5	5	Speicher
	6	Steuereinrichtung
	7	Mikroskop
	8	Substrat
	9	Mikroskoptisch
10	10	optisches Messsystem

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren eines opto-elektronischen Sensors (3), der zumindest zeitweise auch UV-Licht empfängt, **gekennzeichnet durch folgende Schritte:**
 - 5 - Ermitteln einer ersten Antwort-Charakteristik des Sensors (3) durch
 - Beleuchten des Sensors (3) mit dem Licht einer Lichtquelle (1, 1a, 1b),
 - Variieren der Lichtmenge des auf den Sensor (3) einfallenden Lichtes,
 - Bestimmen der Größe des elektrischen Ausgangssignals des Sensors (3) in Abhängigkeit der vom Sensor (3) aufgenommenen Lichtmenge,
 - 10 - Speichern der ersten Antwort-Charakteristik und
 - Aufnehmen von Antwort-Charakteristiken zu späteren Zeitpunkten nach Einträgen von UV-Licht auf den Sensor (3)
 - Vergleichen der Antwort-Charakteristiken mit der ersten Antwort-Charakteristik zum Feststellen von Änderungen und zum Korrigieren der
 - 15 Antwort-Charakteristiken.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf den Sensor (3) einfallende Lichtmenge durch Einbringen von Filtern in den Beleuchtungsstrahlengang zwischen der Lichtquelle (1, 1a, 1b) und dem Sensor (3) variiert wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Filter Absorptionsfilter oder Streufilter in unterschiedlicher Anzahl oder / und mit unterschiedlicher Absorptions- bzw. Streuwirkung oder ein Graukeil in den Beleuchtungsstrahlengang eingebracht werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf den
- 25 Sensor einfallende Lichtmenge durch Verändern der Apertur einer in den

Beleuchtungsstrahlengang zwischen der Lichtquelle und dem Sensor eingebrachten Aperturblende oder durch Aperturblenden unterschiedlicher Apertur variiert wird.

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf den Sensor einfallende Lichtmenge durch eine elektronische Belichtungszeit variiert wird.
- 10 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antwort-Charakteristiken bei denjenigen Lichtwellenlängen ermittelt werden, bei denen der Sensor (3) für Meß- oder Beobachtungsaufgaben eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Sensor (3) ein ortsauflösender Sensor eingesetzt wird und mit dem Sensor (3) UV-Bilder aufgenommen werden.
- 15 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Bildverarbeitung Strukturen von aufgenommenen Objekten vermessen werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren in einem UV-Mikroskop (7) eingesetzt wird.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Strukturbreiten oder / und -abstände auf Substraten (8), insbesondere auf Masken oder Wafern bei der Halbleiter-Fertigung, vermessen werden.
- 25 11. Verfahren zur Vermessung von Strukturen auf einem Substrat (8) mit einem UV-Mikroskop (7) und einem ortsauflösenden opto-elektronischen Sensor (3) **gekennzeichnet durch folgende Schritte:**
 - Aufnehmen von UV-Bildern der Strukturen auf dem Substrat (8),
 - Kalibrieren des Sensors (3) von Zeit zu Zeit durch
 - Ermitteln einer aktuellen Antwort-Charakteristik des Sensors (3) durch Variation einer vom Sensor (3) aufgenommenen Lichtmenge,

- Vergleichen und Korrigieren der aktuellen Antwort-Charakteristik mit einer ersten Antwort-Charakteristik und
- Vermessen der Strukturen durch Bildverarbeitung mit der korrigierten Antwort-Charakteristik des Sensors (3).

- 5 12. Vorrichtung zur Kalibrierung eines opto-elektronischen Sensors (3), der zumindest zeitweise auch UV-Licht empfängt, **gekennzeichnet durch**
- eine Lichtquelle (1, 1a, 1b) zum Beleuchten des Sensors (3)
 - Kalibriermittel (2) zum Variieren der auf den Sensor (3) einfallenden Lichtmenge, wobei eine erste und eine aktuelle Antwort-Charakteristik des Sensors (3) ermittelbar ist,
 - eine Auswerteeinheit (4) zur Korrektur der aktuellen mit der ersten Antwort-Charakteristik des Sensors (3), und
 - einen Speicher (5) zum Speichern zumindest der ersten Antwort-Charakteristik.
- 10 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kalibriermittel (2) Absorptionsfilter, Streufilter, ein Graukeil, Aperturblenden mit verschiedenen Öffnungen, eine Aperturblende mit einer variablen Öffnung oder eine Belichtungssteuerung zum Einstellen unterschiedlicher Belichtungszeiten sind.
- 15 14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Steuereinrichtung (6) zum automatisierten Einsatz der Kalibriermittel (2) vorgesehen ist.
- 20 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung in einem UV-Mikroskop (7) vorgesehen ist.
- 25 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur Messung von Strukturbreiten und -abständen vorgesehen ist.
17. Vorrichtung zur Vermessung von Strukturen auf einem Substrat (8) **gekennzeichnet durch:**
- ein UV-Mikroskop (7) und einen ortsauflösenden opto-elektronischen Sensor

(3) zur Aufnahme von UV-Bildern der Strukturen auf dem Substrat (8),

- Kalibriermittel (2) zum Kalibrieren des Sensors (3), wobei eine erste und eine aktuelle Antwort-Charakteristik des Sensors (3) durch Variation einer auf den Sensor (3) einfallenden Lichtmenge ermittelbar ist, und

5

- eine Auswerteeinheit (4)

-- zur Korrektur der aktuellen Antwort-Charakteristik mit der ersten Antwort-Charakteristik und

-- zum Auswerten der Strukturen durch Bildverarbeitung mit der korrigierten Antwort-Charakteristik des Sensors (3).

10

Zusammenfassung

Der Erfindung liegt eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Kalibrieren eines opto-elektronischen Sensors (3) zugrunde, der zumindest zeitweise auch UV-Licht empfängt. Es wird eine erste Antwort-Charakteristik des Sensors (3)

5 ermittelt durch

- Beleuchten des Sensors (3) mit dem Licht einer Lichtquelle (1, 1a, 1b),
- Variieren der Lichtmenge des auf den Sensor (3) einfallenden Lichtes,
- Bestimmen der Größe des elektrischen Ausgangssignals des Sensors (3) in Abhängigkeit der vom Sensor (3) aufgenommenen Lichtmenge.

10 Es werden Antwort-Charakteristiken zu späteren Zeitpunkten nach Einträgen von UV-Licht auf den Sensor (3) ermittelt und mit der ersten Antwort-Charakteristik verglichen, so dass die aktuellen Antwort-Charakteristiken korrigiert werden können. Dadurch werden die Veränderungen der elektro-optischen Eigenschaften des Sensors (3) durch das UV-Licht ausgeglichen und präzise Messungen der

15 auf den Sensor (3) fallenden Lichtmengen ermöglicht. Insbesondere können dadurch hochgenaue Messungen von Strukturen auf Substraten mit UV-Licht und mittels Bildverarbeitung erreicht werden.

(Fig.1)

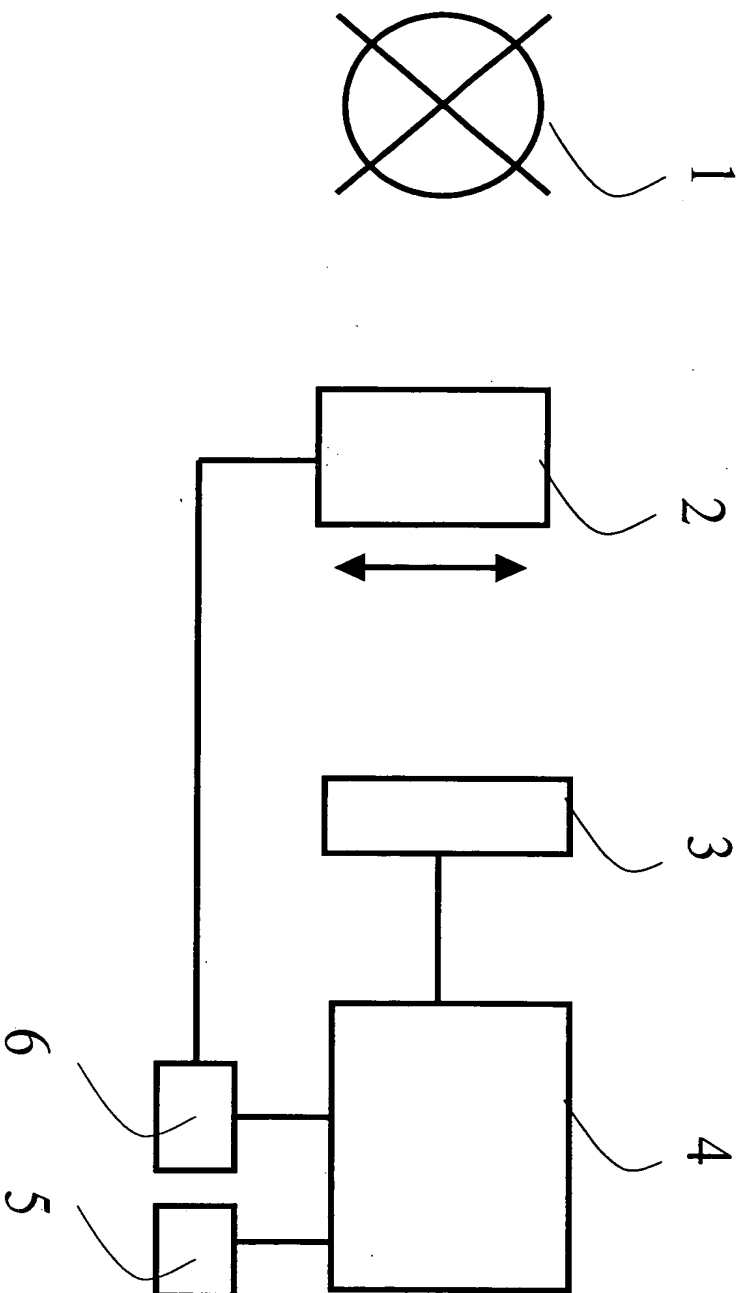


Fig.1

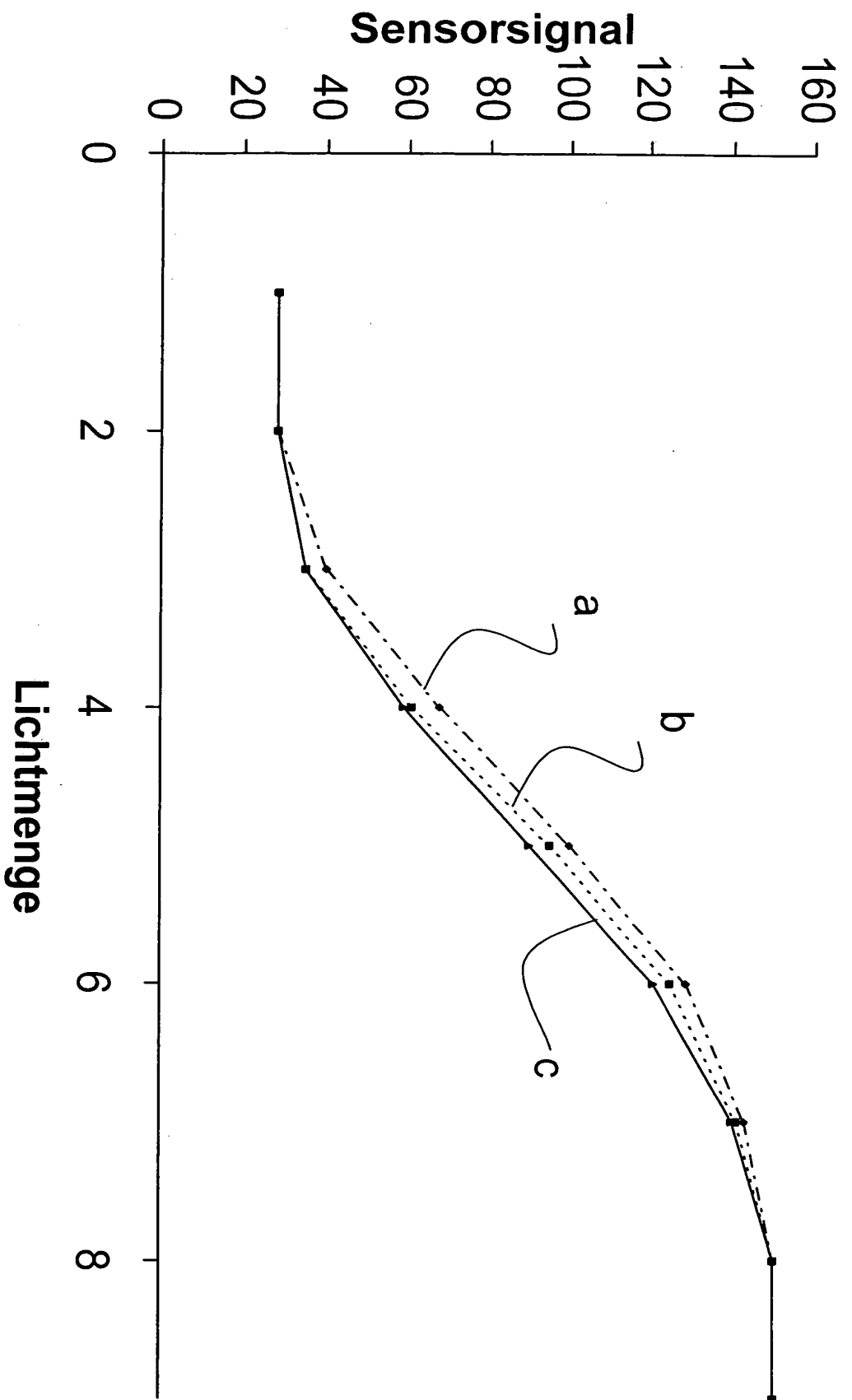


Fig. 2

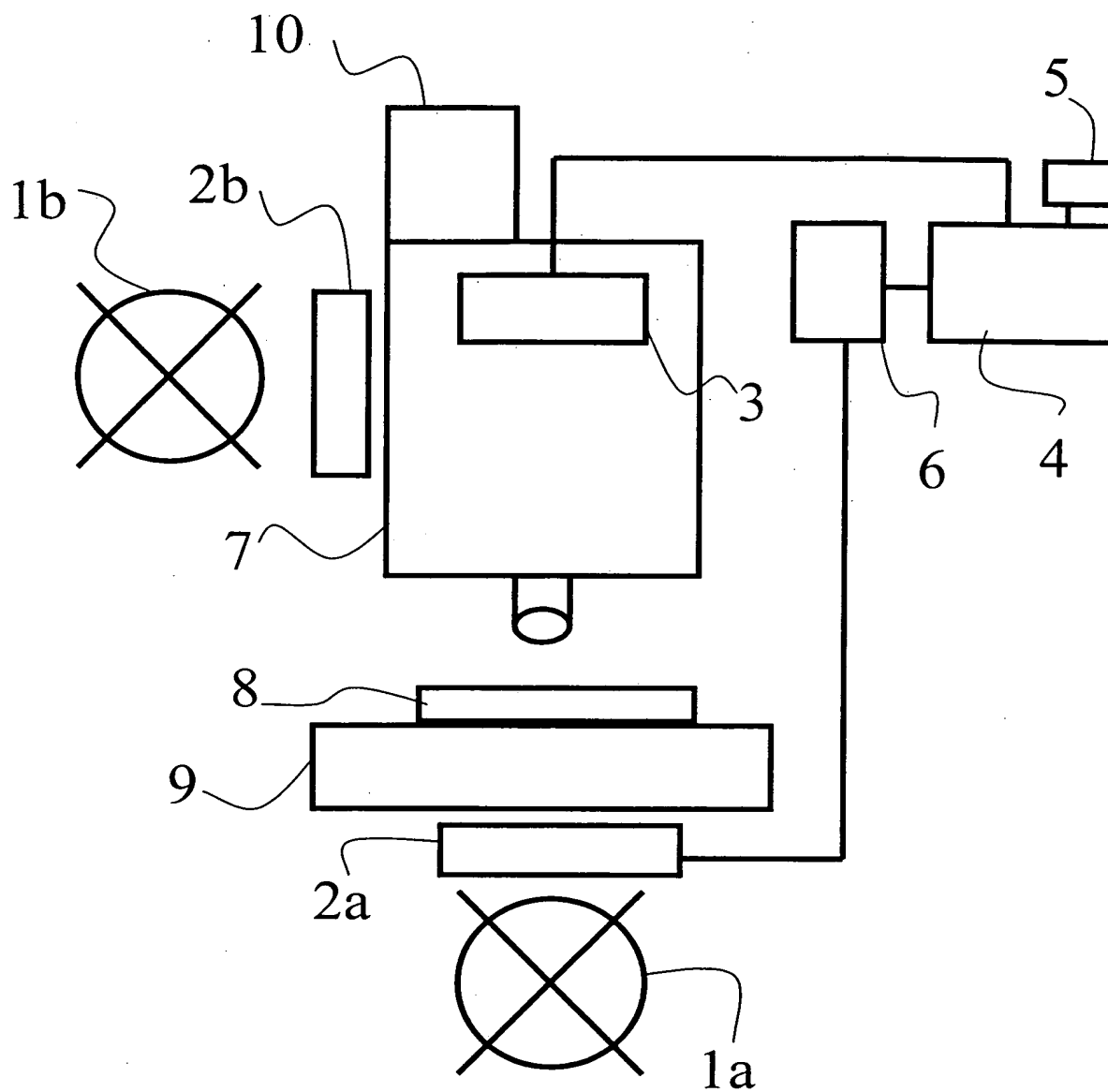


Fig. 3

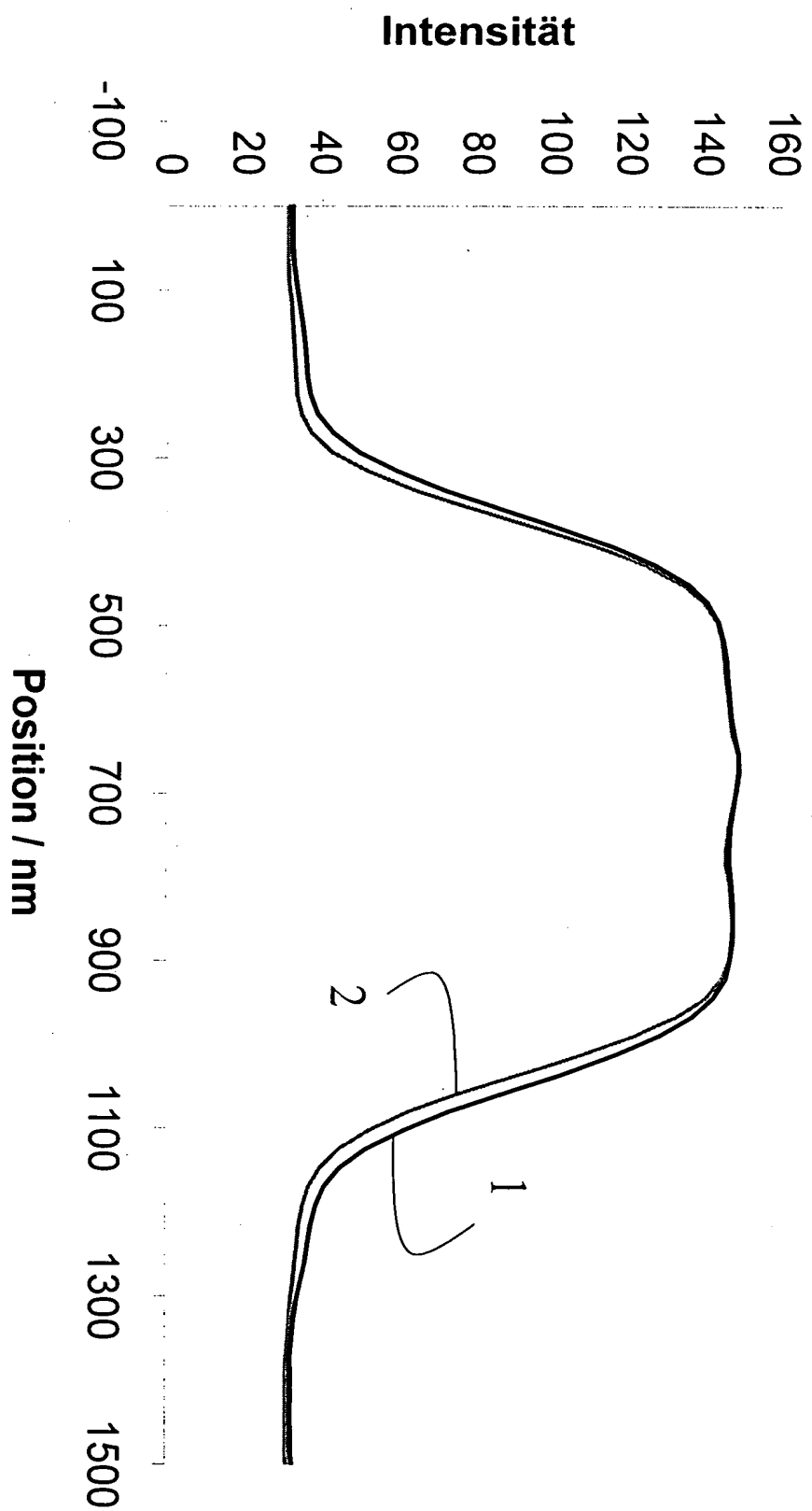
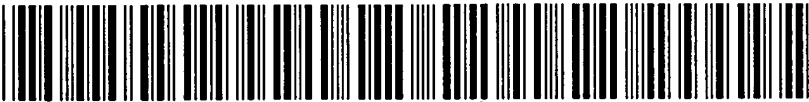


Fig. 4



Creation date: 12-19-2003
Indexing Officer: TGEDAMU - TARIQUA GEDAMU
Team: OIPEScanning
Dossier: 10643035

Legal Date: 11-26-2003

No.	Doccode	Number of pages
1	PA..	2

Total number of pages: 2

Remarks:

Order of re-scan issued on